وزارت مسکن و شهرسازی
معاونت امور مسکن و ساختمان

مقررات ملّی ساختمان ایران

مبحث هجدهم

عایق‌بندی و تنظیم صدا

(بخش ساختمان‌های فولادی)

۱۳۸۸
دفتر امور مقررات ملّی ساختمان

بسمه‌تعالی

پیش‌گفتار

مقررات ملّی ساختمان ایران، به عنوان فراگیرترین ضوابط موجود در عرصه ساختمان، بی‌تردید نقش مؤثری در نیل به‌اهداف عالی تأمین ایمنی، بهداشت، سلامت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه دارد و رعایت آن ضمن تأمین اهداف مذکور موجب ارتقای کیفیّت و افزایش عمر مفید ساختمان‌ها می‌گردد. براساس این اهمیت، تدوین مقررات ملّی ساختمان که به‌عنوان نقطهٔ عطفی در تاریخ مهندسی ساختمان کشور محسوب می‌شود بیش از دو دهه است که توسط وزارت مسکن و شهرسازی آغاز و با مشارکت جامعهٔ مهندسی کشور و در قالب شورای تدوین مقررات ملّی ساختمان و کمیته‌های تخصصی مباحث، سازماندهی و بی‌وقفه سیر تکامل خود را طی نموده است. در این مسیر ضمن تکمیل و تجدیدنظر مباحث از پیش تعریف شده و مطابقت آنها با مقتضیات شرایط کشور از حیث اقتصادی، فنی، فرهنگی و اجتماعی، تدوین مباحث جدیدی هم در دستور کار قرار گرفته است که پس از تدوین نهایی و طی مراحل تصویب در اختیار جامعهٔ مهندسی قرار خواهد گرفت.

در حال حاضر مدارک فنی متعددی نظیر مقررات ملّی ساختمان، آیین‌نامه‌ها، استانداردها و مشخصات فنی در کشور منتشر می‌شود و استفاده‌کنندگان لازم است به‌تفاوت‌های آنها از نظر هدف از تهیه هر مدرک، لازم‌الاجرا بودن، قلمرو، حدود تفصیل، محتوا و سایر ویژگی‌های خاص هر مدرک توجه داشته باشند که در مورد مقررات ملّی ساختمان می‌توان ویژگی‌های زیر را برشمرد:

- «مقررات ملّی ساختمان» در سراسر کشور لازم‌الاجرا است.
- احکام «مقررات ملّی ساختمان» به‌طور خلاصه و اجمالی تدوین می‌شود.
- با توجه به الزامی بودن «مقررات ملّی ساختمان» این مقررات فاقد موارد توصیه‌ای و راهنمایی است.
- «مقررات ملّی ساختمان» بر هرگونه عملیات ساختمان نظیر تخریب، احداث بنا، تغییر کاربری، توسعهٔ بنا، تعمیر اساسی و نظایر آن حاکم است.

مقررات تدوین شده به‌خودی خود متضمن کیفیت ساختمان‌ها نیستند بلکه در کنار تدوین مقررات مذکور توجه به‌امر ترویج و آموزش آن در میان جامعه مهندسی کشور به‌طور خاص و دانشجویان، دانش‌آموزان و آحاد مردم به‌طور عام از یک‌سو و ایجاد نظامی کارآمد برای اعمال و کنترل این مقررات و تنظیم روابط دخیل در امر ساخت و ساز، مسئولیت‌ها، شرح وظایف و مراحل قانونی اقدامات احداث، توسعه بنا، تغییر کاربری و سایر موارد مربوط به‌ساختمان از طرف دیگر، باید همواره به‌عنوان راهکارها و ضمانت‌های اجرایی این مقررات مد نظر سیاست‌گزاران، مجریان و دست‌اندرکاران ساخت و ساز قرار گیرد.

با تصویب قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و در اجرای مفاد آن به‌ویژه مواد ۳۳ و ۳۴ قانون مذکور، وضع مقررات ملّی ساختمان و الزام به‌رعایت آنها در طراحی، محاسبه، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمان‌ها به‌منظور اطمینان از ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی مناسب، آسایش و صرفهٔ اقتصادی، این اطمینان را در میان مهندسان و صاحبان حرفه‌های ساختمانی به‌وجود می‌آورد که با پشت‌گرمی، به‌ایفای وظیفه‌ای که در توسعه و آبادانی کشور دارند مبادرت ورزند و از این رهگذر، سهم خود را در تحقق آرمان‌های والای انقلاب عینیت بخشند.

فرصت را مغتنم شمرده از اعضای محترم شورای تدوین مقررات ملّی ساختمان و کمیته‌های تخصصی و سایر کسانی که به‌نحوی در تدوین، ترویج و کنترل اعمال مقررات ملّی ساختمان در کشور کوشش می‌نمایند سپاسگزاری نموده و از اساتید، صاحب نظران، مهندسان و کلیه دست‌اندرکاران ساخت و ساز انتظار دارد با نظرات و پیشنهادات خود این دفتر را در غنای هرچه بیشتر مقررات مذکور یاری رسانند.

غلامرضا هوائی
مدیرکل امور مقررات ملّی ساختمان

هیأت تهیه‌کننده مقررات عایق‌بندی و تنظیم صدا

الف) شورای تدوین مقررات ملّی ساختمان

● دکتر محمدتقی احمدی	عضو
● دکتر عباسعلی تسنیمی	عضو
● دکتر علی‌اکبر رمضانیانپور	عضو
● دکتر مرتضی زاهدی	عضو
● دکتر محسن غفوری آشتیانی	عضو
● مهندس محمد فائزی	رئیس
● دکتر مهدی قالیبافیان	عضو
● دکتر بهروز گتمیری	عضو
● دکتر محمود گلابچی	عضو
● مهندس حشمت‌اله منصف	عضو
● مهندس آلدیک موسسیان	عضو
● دکتر سیدرسول میرقادری	عضو
● مهندس نادر نجیمی	دبیر

ب) کمیته تخصصی مبحث هجدهم «عایق‌بندی و تنظیم صدا در ساختمان»

● دکتر حمید باقری	عضو
● دکتر غلامعلی لیاقتی	عضو
● دکتر خسرو مولانا	رئیس
● دکتر پروین نصیری	عضو
● مهندس محمدجعفر هدایتی	عضو
● مهندس مینا مکانیک	دبیر

پ) گروه کار وزارت مسکن و شهرسازی

- دکتر غلامرضا گل‌محمدی
- مهندس سیدابراهیم بنی‌مهد

پ) تهیه‌کننده متن اولیه: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱۸-۱-۲ حدود و نحوه کاربرد	۳
۱۸-۱ کلیات	۳
۱۸-۱-۱ هدف	۳
۱۸-۱-۳ تعاریف	۴
۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمانها	۱۵
۱۸-۲-۱ مقررات عمومی	۱۵
۱۸-۲-۲ ساختمانهای مسکونی	۱۵
۱۸-۲-۳ هتل ها	۱۷
۱۸-۲-۴ ساختمانهای آموزشی	۱۸
۱۸-۲-۵ بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی	۱۹
۱۸-۲-۶ ساختمانهای اداری و تجاری	۲۱
۱۸-۲-۷ سالنهای سخنرانی و کتابخانه ها	۲۲
۱۸-۲-۸ حداکثر تراز صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمان‌ها	۲۳
پیوست‌ها	۲۴
پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب	۲۵
پیوست ۲ : مقادیر صدابندی جداکننده‌ها در ساختمان	۳۰
۲-۱ مقادیر صدابندی دیوارها	۳۰
۲ـ۲ درها	۳۳
۲-۳ پنجره‌ها	۳۴
۲-۴ سقف‌ها	۳۵

مبحث هجدهم

عایق‌بندی و تنظیم صدا

۱-۱۸ کلیات

۱-۱-۱۸ هدف

هدف از تدوین این مقررات به حداقل رساندن نوفه (صدای ناخواسته) در ساختمانها است تا ضمن تأمین سلامت و آسایش ساکنان، شرایط مناسب شنیداری نیز فراهم گردد.

۲-۱-۱۸ حدود و نحوهٔ کاربرد

الف) رعایت این مقررات در مورد فضاهای ساختمانی عنوان شده در بند ۱-۲-۱-۱۸ که بعد از تاریخ تصویب این مقررات احداث می گردند، الزامی است بناهای مسکونی ملزم به رعایت این بند نمی باشند.

ب) فضاهای ساختمانی موجود و عنوان شده در بند ۱-۲-۱-۱۸، باید ظرف مدت ۵ سال بعد از تصویب این مقررات با بند ۲-۱۸ آن منطبق گردند بناهای مسکونی ملزم به رعایت این بند نمی باشند.

ج) رعایت این مقررات در مورد کلیه مجموعه های مسکونی با بیش از هشت واحد و یا بیشتر از چهار طبقه مسکونی که بعد از تاریخ تصویب این مقررات احداث می گردند، الزامی است.

۱-۲-۱-۱۸ تراز نوفه و واخنش در کلیه موارد این مقررات مربوط به شرایط تحویل فضاها می باشد. در مورد لابی هتل ها، تراز نوفه در شرایط بهره برداری نیز عنوان شده است.

۲-۲-۱-۱۸ روش اندازه گیری مربوط به تراز نوفه، زمان واخنش و شاخص کاهش صدای وزن یافته جدارها، باید بر اساس استانداردها و آئین نامه های معتبر داخلی یا بین المللی نظیر ISO انجام شود.

۱۸-۱-۳ تعاریف

۱۸-۱-۳-۱ نوفه :

نوفه به هرگونه صدای ناخواسته گفته می شود

۱۸-۱-۳-۲ امواج صوتی هوابرد :

امواج صوتی هوابرد به امواج صوتی گفته می شود که محیط انتشار آن هواست.

۱۸-۱-۳-۳ نوفه زمینه :

نوفه زمینه به نوفه موجود در فضای موردنظر اتلاق می گردد. منشاء آن می تواند خارجی، مانند نوفه وسایل ترابری یا داخلی مانند صدای ناشی از تأسیسات و یا همهمه افراد باشد.

۱۸-۱-۳-۴ تراگسیل :

تراکسیل به پدیده ای گفته می شود که فرآیند انتقال انرژی در یک محیط یا از درون یک جداکننده را مشخص می کند.

۱۸-۱-۳-۵ تراگسیل هوابرد :

هرگاه جداکننده ای به وسیله امواج صوتی هوابرد به ارتعاش درآید، نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای موردنظر را تراگسیل هوابرد گویند.

۱۸-۱-۳-۶ تراگسیل پیکری :

هرگاه جداکننده ای به وسیله یک جسم مرتعش به ارتعاش درآید نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای موردنظر را تراگسیل پیکری گویند.

۱۸-۱-۳-۷ بسامد :

بسامد به تعداد نوسانات چرخه ای و تکرارپذیر یک موج در ثانیه گفته می شود واحد تعداد چرخه ها در ثانیه هرتز نامیده می شود.

۱۸-۱-۳-۸ ضریب تراگسیل یک جداکننده :

ضریب تراگسیل یک جداکننده بر اساس رابطه (۱۸-۱-۱) تعریف می گردد :

$$\tau = \frac{I_\tau}{I_i} \qquad (۱-۱-۱۸)$$

که در آن:

τ = ضریب تراگسیل جداکننده

I_τ = شدت موج صوتی فرود آمده به یک طرف جداکننده به وات بر مترمربع .

I_i = شدت موج صوتی تراگسیل یافته از طرف دیگر جداکننده به وات برمترمربع.

۱۸-۱-۳-۹ ضریب جذب یک جداکننده :

ضریب جذب یک جداکننده توسط رابطه (۱۸-۱-۲) تعریف می گردد.

$$a = \frac{I_a}{I_i} \qquad (۲-۱-۱۸)$$

که در آن :

a = ضریب جذب جداکننده

I_i = شدت موج صوتی فرود آمده به یک طرف جداکننده به وات بر مترمربع .

I_a = شدت موج صوتی جذب شده توسط جداکننده به وات برمترمربع.

۱۸-۱-۳-۱۰ دسی بل

دسی بل مقیاسی است نسبی و لگاریتمی که در مورد صدا، بر اساس یکی از دو رابطه (۱۸-۱-۳) مشخص می گردد و به dB نمایش داده می شود.

$$dB = ۱۰Log\frac{I_۱}{I_۲} \qquad \text{یا} \qquad dB = ۲۰Log\frac{P_۱}{P_۲} \qquad (۳-۱-۱۸)$$

که در آن :

$I_۱$ = شدت صدا در نقطه ۱، به وات به مترمربع.

$I_۲$ = شدت صدا در نقطه ۲، به وات به مترمربع.

$P_۱$ = فشار مؤثر صدا در نقطه ۱، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)

$P_۲$ = فشار مؤثر صدا در نقطه ۲، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)

Log = لگاریتم به پایه ده نسبت موردنظر.

۱۸-۱-۳-۱۱ تراز صدا :

تراز صدا بر حسب دسی بل بر اساس یکی از دو رابطه (۱۸-۱-۴) مشخص می گردد که مقدار آنها در عمل با یکدیگر برابرند.

$$L_۱ = ۱۰ \text{Log} \frac{I}{I_o} \qquad \text{یا} \qquad L_p = ۲۰ \text{Log} \frac{P}{P_o} \qquad (۴-۱-۱۸)$$

که در آن :

$L_۱$ = تراز شدت صدا، به مقیاس dB

L_p = تراز فشار صدا، به مقیاس dB

I_o = شدت صدای مبنا (وات به مترمربع $I_o = ۱۰^{-۱۲}$)

P_o = فشار موثر صدای مبنا (نیوتن به مترمربع $P_o = ۲ \times ۱۰^{-۵}$)

I = شدت صدای موردنظر، به وات به مترمربع

P = فشار موثر صدای موردنظر ، به نیوتن به مترمربع (پاسکال)

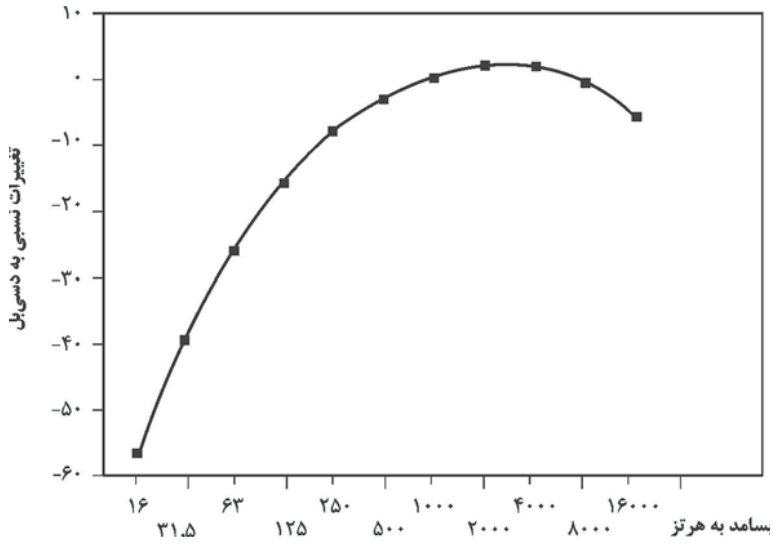
Log = لگاریتم به پایه ده نسبت موردنظر

۱۸-۱-۳-۱۲ نمودار استاندارد A :

نمودار استاندارد A نمودواریست که عملکرد موردنیاز یک مدار الکترونیکی را تعریف می کند. هدف از این عملکرد ، که بر اساس تجربه بدست آمده، این است که مدار مذکور بتواند واکنش شنوایی انسان را با سهولت و دقت کافی در صدا سنجی تقلید کند. نمودار مذکور بر اساس مقادیر تغییرات نسبی مدار بر حسب بسامد در جدول ۱۸-۱-۱ مندرج و در شکل ۱۸-۱-۱ رسم گردیده است. بینابی (طیفی) که بصورت شکل این نمودار تغییر، یا به اصطلاح «وزن» داده شود، با پسوند A مشخص می گردد.

جدول ۱۸-۱-۱ مقادیر تغییرات نسبی مدار **A**

بسامد بندهای یک هنگامی به هرتز	۱۶	۳۱/۵	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	۱۶۰۰۰
تغییرات نسبی مدار **A** به دسی بل	-۵۶/۷	-۳۹/۴	-۲۶/۲	-۱۶/۱	-۸/۶	-۳/۲	۰	۲/۱	۱	۱/۱	-۶/۶



شکل ۱۸-۱-۱ نمودار تغییرات نسبی مدار **A** در بسامدهای مختلف

۱۸-۱-۳-۱۳ تراز فشار صدای وزن یافته A (L_{PA})

تراز فشار صدای وزن یافته A ، که بر حسب dB است، بر اساس رابطه (۱۸-۱-۵) مشخص می گردد.

$$L_{PA} = ۲۰ \cdot \mathrm{Log}\left(\frac{P_A}{P_o}\right) \qquad (۵-۱-۱۸)$$

که در آن :

P_A = فشار مؤثر صدای وزن یافته بر اساس نمودار استاندارد A به نیوتن برمترمربع (پاسکال)

P_o = فشار مؤثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با ۵-۱۰ * ۲ نیوتن برمترمربع (پاسکال)

۱۸-۱-۳-۱۴ تراز معادل صدای وزن یافته A (L_{AeqT}) :

تراز معادل صدای وزن یافته با نمودار استاندارد A، که اصطلاحا" L_{eq} گفته می شود، عبارت است از مقدار تراز فشار صدای ممتد، پایدار و وزن یافته با نمودار A ، که در یک مدت زمان معین T دارای همان فشار صدای مؤثر است که هر صدای موردنظر با تراز متغیردارد. این تراز معادل طبق رابطه (۱۸-۱-۶) مشخص می گردد و بر حسب dB است.

$$L_{AeqT} = ۱۰Log\left[\frac{۱}{T}\int_o^T \frac{P_A^۲(t)}{P_o^۲}dt\right] \qquad (۶-۱-۱۸)$$

که در آن :

$P_A(t)$ = فشار صدای لحظه ای وزن یافته با نمودار استاندارد A

P_o = فشار مؤثر صدای مبنا که مقدار آن برابر است با ۵-۱۰*۲ نیوتن بر مترمربع (پاسکال)

T = مدت زمان اندازه گیری تراز صدا است که در این مقررات ۳۰ دقیقه قید شده است.

۱۸-۱-۳-۱۵ بسامد مرکزی استاندارد شده بندهای یک هنگامی :

بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی که در این مقررات مورد استفاده قرار می گیرد بشرح زیر است .

۳۱/۵ ۶۳ ۱۲۵ ۲۵۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰ ۲۰۰۰ ۴۰۰۰ ۸۰۰۰ هرتز

۱۸-۱-۳-۱۶ بسامد مرکزی استاندارد شده بندهای یک سوم هنگامی :

بسامد مرکزی بندهای یک سوم هنگامی که در این مقررات مورد استفاده قرار می گیرد بشرح زیر است .

۱۰۰ ۱۲۵ ۱۶۰ ۲۰۰ ۲۵۰ ۳۱۵ ۴۰۰ ۵۰۰ هرتز

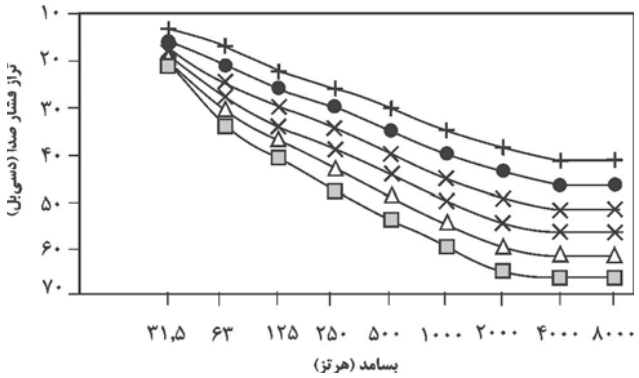
۶۳۰ ۸۰۰ ۱۰۰۰ ۱۲۵۰ ۱۶۰۰ ۲۰۰۰ ۲۵۰۰ ۳۱۵۰

۱۸-۱-۳-۱۷ نمودارهای برسنج ترجیحی نوفه (PNC) :

نمودارهای PNC برای ردجه بندی بیناب (طیف) نوفه به منظور تأمین و ارزیابی وضوح گفتار استفاده می شوند. این نمودارها بر اساس مقادیر تراز فشار صدا در بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی در جدول ۱۸-۱-۲ مندرج و تعدادی از آنها که در این مقررات استفاده شده در شکل ۱۸-۱-۲ رسم شده اند.

جدول ۱۸-۱-۲ مقادیر تراز فشار صدا در بندهای یک هنگامی نمودارهای **PNC**

شماره نمودارهای PNC	ترازهای فشار صدا در بند یک هنگامی (dB) بسامد مرکزی بندهای یک هنگامی (Hz)								
	۳۱/۵	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰
PNC-۱۵	۵۸	۴۳	۳۵	۲۸	۲۱	۱۵	۱۰	۸	۸
PNC-۲۰	۵۹	۴۶	۳۹	۳۲	۲۶	۲۰	۱۵	۱۳	۱۳
PNC-۲۵	۶۰	۴۹	۴۳	۳۷	۳۱	۲۵	۲۰	۱۸	۱۸
PNC-۳۰	۶۱	۵۲	۴۶	۴۱	۳۵	۳۰	۲۵	۲۳	۲۳
PNC-۳۵	۶۲	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۸	۲۸
PNC-۴۰	۶۴	۵۹	۵۴	۵۰	۴۵	۴۰	۳۶	۳۳	۳۳
PNC-۴۵	۶۷	۶۳	۵۸	۵۴	۵۰	۴۵	۴۱	۳۸	۳۸
PNC-۵۰	۷۰	۶۶	۶۲	۵۸	۵۴	۵۰	۴۶	۴۳	۴۳
PNC-۵۵	۷۳	۷۰	۶۶	۶۲	۵۹	۵۵	۵۱	۴۸	۴۸
PNC-۶۰	۷۶	۷۳	۶۹	۶۶	۶۳	۵۹	۵۶	۵۳	۵۳
PNC-۶۵	۷۹	۷۶	۷۳	۷۰	۶۷	۶۴	۶۱	۵۸	۵۸



شکل ۱۸-۱-۲ نمودارهای PNC

۱۸-۱-۳-۱۸ شاخص کاهش صدا (R) :

شاخص کاهش صدای یک جداکننده که افت تراگسیل نیز نامیده می شود، طبق رابطه (۱۸-۱-۷) تعریف می گردد.

$$R = ۱۰\text{Log}\left(\frac{W_۱}{W_۲}\right) = ۱۰\text{Log}\frac{۱}{\tau} \qquad \text{یا} \qquad \mathbf{TL} \qquad (۱۸-۱-۷)$$

که در آن :

$W_۱$ = توان صوتی فرود آمده به نمونه مورد آزمایش ، به وات

$W_۲$ = توان صوتی تراگسیل شده از نمونه مورد آزمایش، به وات

R یا TL = شاخص کاهش صدا یا افت تراگسیل ، به دسی بل

τ = ضریب تراگسیل جداکننده

در آزمایشگاه صدابندی شاخص کاهش صدا از رابطه (۱۸-۱-۸) بدست می آید :

$$R = L_۱ - L_۲ + ۱۰\text{Log}\left(\frac{۶/۱۵T.S}{V}\right) = L_۱ - L_۲ + ۱۰\text{Log}\left(\frac{S}{A}\right) \qquad (۱۸-۱-۸) \qquad \text{یا TL}$$

که در آن :

$L_۱$ = تراز صدا در اتاق منبع به دسی بل

$L_۲$ = تراز صدا در اتاق دریافت به دسی بل

T = زمان واخنش اتاق دریافت به ثانیه

S = سطح جدار مورد آزمایش به مترمربع

V = حجم اتاق دریافت به مترمکعب

A = سطح معادل جذب کننده های صدا در اتاق دریافت

۱۸-۱-۳-۱۹ زمان واخنش :

زمان واخنش که طبق یکی از دو رابطه (۱۸-۱-۹) محاسبه می گردد عبارتست از مدت زمانی که پس از قطع منبع صدا، تراز فشار صدا ۶۰ دسی بل افت کند.

$$T = \frac{۰/۱۶۳V}{۴mV - SL_n(۱-\bar{a})} \quad \text{(رابطه دقیق)} \quad \text{یا} \quad T = \frac{۰/۱۶۳V}{A} \quad \text{(رابطه تقریبی)} \qquad (۱۸-۱-۹)$$

که در آن :

T = زمان واخنش اتاق، به ثانیه

S = مجموعه سطوح اتاق، به مترمربع

V = حجم اتاق، به مترمکعب

A = سطح معادل جذب کننده های صدا، به مترمربع

m = جذب طولی هوا، به متر به توان منفی یک

$\bar{a}$ = ضریب جذب میانگین اتاق

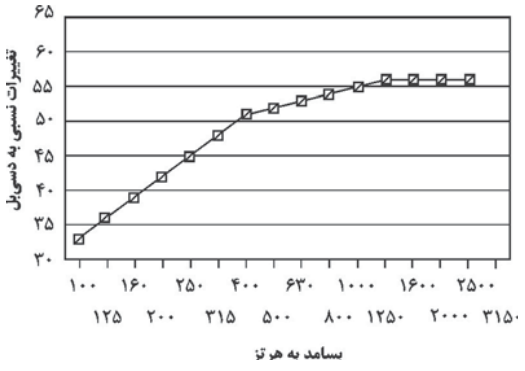
L_n = لگاریتم در پایه e

۱۸-۱-۳-۲۰ شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) :

شاخص کاهش صدای وزن یافته یا بعبارتی دیگر، گروه یا درجه تراگسیل (STC) کمیتی است تک عددی به دسی بل برای درجه بندی نمودار افت تراگسیل جداکننده ها در بسامد ۵۰۰ هرتز ، که بر اساس نمودار مبنا در جدول ۱۸-۱-۳ مندرج و در شکل ۱۸-۱-۳ رسم گردیده است.

جدول ۱۸-۱-۳ مقادیر مبنا برای درجه بندی کردن افت تراگسیل جداره

بسامد مرکزی یک سوم هنگامی (Hz)	مقادیر مبنا به (dB)
۱۰۰	۳۳
۱۲۵	۳۶
۱۶۰	۳۹
۲۰۰	۴۲
۲۵۰	۴۵
۳۱۵	۴۸
۴۰۰	۵۱
۵۰۰	۵۲
۶۳۰	۵۳
۸۰۰	۵۴
۱۰۰۰	۵۵
۱۲۵۰	۵۶
۱۶۰۰	۵۶
۲۰۰۰	۵۶
۲۵۰۰	۵۶
۳۱۵۰	۵۶



شکل ۱۸-۱-۳ نمودار مقادیر مبنا برای درجه بندی افت تراگسیل جدارها

۱۸-۱-۳-۲۱ تراز فشار صدای کوبه ای (Li):

تراز فشار صدای کوبه ای عبارتست از تراز میانگین فشار صدا در یک بند بسامدی مشخص در اتاق دریافت در شرایطی که طرف بالای سقف مورد آزمایش بوسیله دستگاه پاکوب به ارتعاش درآمده باشد. مقدار تراز فشار صدای کوبه ای طبق رابطه (۱۸-۱-۱۰) محاسبه می گردد.

$$L_i = ۲۰\text{Log}\frac{P_۱ + P_۲ + P_۳ ... + P_n}{np_o} \qquad (۱۰-۱-۱۸)$$

که در آن :

$P_۱$ ، $P_۲$ ، $P_۳$ و ... P_n = فشار مؤثر صدا در n محل مختلف در اتاق دریافت، به نیوتن بر مترمربع.

P_o = فشار مؤثر صدای مبنا برابر است با $۲*۱۰^{-۵}$ نیوتن بر مترمربع (پاسکال)

۱۸-۱-۳-۲۲ تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده (Ln) :

تراز صدای کوبه ای معمول شده به شاخصی گفته می شود که مقدار تراز فشار صدای کوبه ای اندازه گیری شده L_i را با توجه به شرایط آکوستیکی داخلی اتاق دریافت معمول می نماید. مقدار تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده طبق رابطه (۱۸-۱-۱۱) محاسبه می گردد.

$$L_n = L_۱ + ۱۰\text{Log}\left(\frac{A}{A_o}\right) = L_i - ۱۰\text{Log}\left(\frac{۶۱/۵T}{V}\right) \qquad (۱۱-۱-۱۸)$$

که در آن :

L_n = تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده ، به دسی بل

L_i = تراز میانگین فشار صدای کوبه ای ، به دسی بل

A = سطح معادل جذب کننده ها در اتاق دریافت، به مترمربع

A_o = سطح معادل جذب کننده مبنا برابر با ده مترمربع

V = حجم اتاق دریافت، به مترمکعب

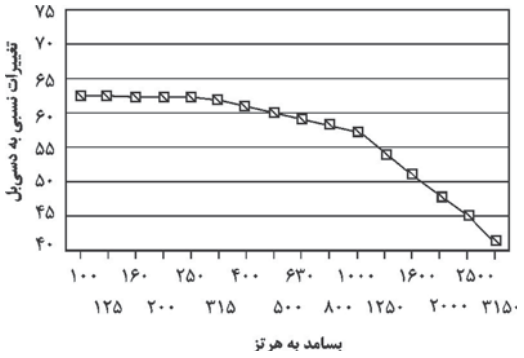
T = زمان واخنش در اتاق دریافت، به ثانیه

۱۸-۱-۳-۲۳ تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (Lnw) :

تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته کمیتی است تک عددی به دسی بل برای درجه بندی کردن نمودار تراز صدای کوبه ای معمول شده تراگسیل یافته از سقف در بسامد ۵۰ هرتز که براساس نمودار مبنا درجه بندی می شود. این نمودار مبنا در جدول (۱۸-۱-۴) مندرج و در شکل (۱۸-۱-۴) رسم گردیده است.

جدول ۱۸-۱-۴ مقادیر مبنا برای درجه بندی کردن صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف

بسامد مرکزی یک سوم هنگامی **(Hz)**	مقادیر مبنا به **(dB)**
۱۰۰	۶۲
۱۲۵	۶۲
۱۶۰	۶۲
۲۰۰	۶۲
۲۵۰	۶۲
۳۱۵	۶۲
۴۰۰	۶۱
۵۰۰	۶۰
۶۳۰	۵۹
۸۰۰	۵۸
۱۰۰۰	۵۷
۱۲۵۰	۵۴
۱۶۰۰	۵۱
۲۰۰۰	۴۸
۲۵۰۰	۴۵
۳۱۵۰	۴۲



شکل ۱۸-۱-۳ نمودار مقادیر مبنا برای درجه بندی صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف

۱۸-۱-۳-۲۴ لایه :

لایه به ساختاری گفته می شود که چکالی حجمی آن در جهات مختلف یکسان باشد. مانند اندود گچ، قیرگونی، دیوار آجری .

۱۸-۱-۳-۲۵ جداکننده ساده :

جداکننده ساده به جداکننده ای گفته می شود که در مقطع ، از یک یا چند لایه تشکیل شده است، لذا چگالی سطحی (وزن واحد سطح) آن در نقاط مختلف یکسان است. مانند در، پنجره، دیوار آجری با اندود گچ و خاک یا دیوار دو جداری آجری.

۱۸-۱-۳-۲۶ جداکننده مرکب :

جداکننده مرکب به جداکننده‌ای گفته می شود که سطح آن از چند جداکننده ساده تشکیل شده باشد. مانند دیواری که در و پنجره دارد.

۱۸-۱-۳-۲۷ شرایط بهره برداری یک فضا :

به شرایطی گفته می شود که کلیه اجزاء تأسیساتی و تجهیزاتی مثل سیستم تهویه و هوارسانی و مبلمان در حال بهره برداری بوده و افراد حاضر در آن فضا نیز مشغول فعالیت معمول خود باشند.

۱۸-۱-۳-۲۸ شرایط تحویل یک فضا :

به شرایطی گفته می شود که در آن کلیه تأسیسات غیرقابل حمل و وابسته به ساختمان فعال بوده، ولی اجزاء تأسیساتی و عوامل قابل حمل مانند تلفن، تلویزیون، جاروبرقی و همچنین افراد در آن فضا فعال نباشند.

۱۸-۲ مقررات آکوستیکی انواع ساختمانها

۱۸-۲-۱ مقررات عمومی :

۱۸-۲-۱-۱ مقررات آکوستیکی در ساختمانهای مسکونی، هتل‌ها، مدارس، بیمارستان‌ها، ساختمانهای اداری و تجاری و سالن‌های کنفرانس و کتابخانه در بندهای ۱۸-۲-۲، ۱۸-۲-۳، ۱۸-۲-۴ ، ۱۸-۲-۵ ، ۱۸-۲-۶ و ۱۸-۲-۷ ارائه شده است.

۱۸-۲-۱-۲ مقادیر تعیین شده حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (Rw) موردنیاز برای جداکننده ها در این ساختمانها، در مناطقی مورد استفاده قرار می گیرد که تراز نوفه وزن یافته (LPA) آن منطقه مساوی یا کمتر از ۷۰ دسی بل است، چنانچه تراز نوفه بیش از این مقدار باشد مقادیر حداقل باید به همان میزان افزایش یابد.

۱۸-۲-۱-۳ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای جداکننده های ساده مثل دیوار، در و پنجره از طرف آزمایشگاههای آکوستیک کشور ارائه می گردد که تعدادی از آنها در پیوست ۲ ارائه شده است. در صورتیکه جداکننده موردنظر ، مانند نمای یک ساختمان، مرکب باشد شاخص کاهش صدای وزن یافته این جداکننده مرکب با توجه به شاخص های اجزاء تشکیل دهنده آن محاسبه می گردد. روش محاسبه در پیوست ۱ توضیح داده شده است.

۱۸-۲-۲ ساختمانهای مسکونی

۱۸-۲-۲-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمانهای مسکونی الزامی است.

۱۸-۲-۲-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر واحد مسکونی (مانند آپارتمان) در جدول (۱۸-۲-۱) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر واحد مسکونی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه	
	dB به L_{PA}	dB به LAeq(۳۰)
اتاق خواق	۳۵	۳۰
اتاق های نشیمن	۴۰	۳۵
آشپزخانه	۵۰	۴۵

۱۸-۲-۲-۳ زمان واخنش

حداکثر میانگین زمان واخنش در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز برای راه پله و راهرو عمومی در ساختمانهای مسکونی ۱/۵ ثانیه تعیین شده است.

۱۸-۲-۲-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای مسکونی در جدول (۱۸-۲-۲) اراه شده است.

جدول ۱۸-۲-۲ حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای مسکونی

عنوان	**حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB**
جداکننده اتاق خواب از فضای بیرونی ساختمان	۴۵
جداکننده ا تاق نشیمن از فضای بیرونی ساختمان	۴۰
جداکننده آشپزخانه از فضای بیرونی ساختمان	۳۵
جداکننده یا مجموعه جداکننده های موجود میان اتاق خواب و اتاق تلویزیون در یک واحد مسکونی	۴۰
جداکننده یا مجموعه جدارهای میان اتاق خواب و سایر فضاهای داخلی به غیر از اتاق تلویزیون در یک واحد مسکونی	۳۰
جداکننده دو واحد مجاور و مستقل	۵۰

۱۸-۲-۳ هتل ها

۱۸-۲-۳-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در هتل ها الزامی است.

۱۸-۲-۳-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هتل در جدول (۱۸-۲-۳) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۳ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر هتل

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه	
	dB به L_{PA}	dB به LAeq(۳۰)
اتاق میهمان	۳۵	۳۰
سالن انتظار (لابی) هنگام تحویل	۴۰	۳۵
سالن انتظار (لابی) هنگام بهره برداری	۵۵	۵۰
راهروها	۴۰	۳۵

۱۸-۲-۳-۳ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی هتل در جدول (۱۸-۲-۴) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۴ حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی هتل

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ هرتز
اتاق میهمان	۰/۸
سالن انتظار (لابی)	۱
راهروها	۱/۲

۱۸-۲-۳-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته مورد نیاز برای جدارها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در هتل ها جدول (۱۸-۲-۵) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۵ حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها در هتل

عنوان	**حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB**
جداکننده اتاق میهمان از فضای بیرون ساختمان	۴۵
جداکننده میان دو اتاق میهمان	۵۰
جداکننده میان اتاق میهمان از راهرو	۳۵

۱۸-۲-۴ ساختمانهای آموزشی

۱۸-۲-۴-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمانهای آموزشی الزامی است.

۱۸-۲-۴-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی هر واحد آموزشی در جدول (۱۸-۲-۶) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۶ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمانهای آموزشی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه		
	dB به L_{PA}	dB به $L_{Aeq(۳۰)}$	نمودار برسنج نوفه
کلاس درس نظری	۴۰	۳۵	PNC - ۳۵
آزمایشگاهها	۴۵	۴۰	PNC - ۴۰
کارگاهها	۵۰	۴۵	ــــ

تذکر : رعایت نمودار برسنج PNC-۳۵ و PNC – ۴۰ در این مورد اجباری است.

۱۸-۲-۴-۳ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای آموزشی در جدول (۱۸-۲-۷) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۷ حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای آموزشی

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ هرتز
کلاس درس نظری (در شرایط خالی)	۱
آزمایشگاهها	۱/۲
راهرو، راه پله، کارگاهها	۱/۵

۱۸-۲-۴-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای آموزشی در جدول (۱۸-۲-۸) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۸) حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده‌ها در ساختمانهای آموزشی

عنوان	**حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB**
جداکننده کلاس درس نظری از فضای بیرونی ساختمان	۴۰
جداکننده کارگاه یا آزمایشگاه از فضای بیرونی ساختمان	۳۵
جداکننده میان دو کلاس درس نظری	۵۰
جداکننده کلاس درس نظری از راهرو	۳۵
جداکننده آزمایشگاه از راهرو	۳۰
جداکننده کارگاه از راهرو	۳۵

۱۸-۲-۵ بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

۱۸-۲-۵-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمان بیمارستانها، مراکز بهداشتی و درمانی الزامی است.

۱۸-۲-۵-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی بیمارستان و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۸-۲-۹) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۹ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه	
	dB به L_{PA}	**dB به $L_{Aeq(۳۰)}$**
اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی، اتاق زایمان	۳۵	۳۰

۱۸-۲-۵-۳ زمان و اخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۸-۲-۱۰) ارائه شده است .

جدول ۱۸-۲-۱۰ حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ هرتز
اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی، اتاق زایمان	۱/۲
راه پله - راهرو	۱/۵

۱۸-۲-۵-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی در جدول (۱۸-۲-۱۱) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱۱ حداقل شاخص کاهش وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها در بیمارستانها و مراکز بهداشتی و درمانی

عنوان	**حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB**
جداکننده کلیه اتاقهای بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی و زایمان از فضای بیرونی ساختمان	۴۵
جداکننده میان کلیه اتاقهای‌بخش‌بستری، مراقبت های ویژه، جراحی‌وزایمان	۵۰
جداکننده کلیه اتاقهای بخش بستری و زایمان از راهرو	۳۵
جداکننده کلیه اتاقهای مراقبت های ویژه وجراحی از راهرو	۴۰

۱۸-۲-۶ ساختمانهای اداری و تجاری

۱۸-۲-۶-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در ساختمان اداری و تجاری الزامی است.

۱۸-۲-۶-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۲) ارائه شده است .

جدول ۱۸-۲-۱۲ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه	
	dB به L_{PA}	dB به $L_{Aeq(۳۰)}$
فضاهای اداری و مراکز کامپیوتری، سالن عمومی در کلیه بانکها	۴۵	۴۰

۱۸-۲-۶-۳ زمان واخنش

حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۳) ارائه شده است.

جدول (۱۸-۲-۱۳) حداکثر زمان واخنش در فضاهای داخلی ساختمانهای اداری و تجاری

نوع فضا	میانگین زمان واخنش به ثانیه در بسامدهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ ، ۲۰۰۰ هرتز
اتاقهای اداری، مراکز کامپیوتری، سالن عمومی بانکها	۱/۲
راه پله - راهرو	۱/۵

۱۸-۲-۶-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای اداری و تجاری در جدول (۱۸-۲-۱۴) ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱۴ حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها در ساختمانهای اداری و تجاری

عنوان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) به dB
جداکننده های اتاقهای اداری، مراکز کامپیوتری سالن های عمومی بانک ها از فضای بیرونی ساختمان	۳۵
جداکننده میان اتاقها در ساختمانهای اداری و تجاری	۴۵
جداکننده اتاقها در ساختمانهای اداری و تجاری از راهرو	۳۰

۱۸-۲-۷ سالنهای سخنرانی و کتابخانه ها

۱۸-۲-۷-۱ رعایت مقررات آکوستیکی تعیین شده در بندهای زیرین در فضای سالنهای سخنرانی و کتابخانه ها الزامی می باشد.

۱۸-۲-۷-۲ تراز نوفه زمینه

حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی در کتابخانه و سالن سخنرانی در جدول **(۱۸-۲-۱۵)** ارائه شده است.

جدول ۱۸-۲-۱۵ حداکثر تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی کتابخانه و سالن سخنرانی

نوع فضا	حداکثر تراز نوفه زمینه		
	L_{PA} به dB	$L_{Aeq(۳۰)}$ به dB	نمودار برسنج نوفه
سالنهای سخنرانی-کتابخانه ها	۴۰	۳۵	PNC - ۳۵

تذکر : رعایت نمودار برسنج PNC-۳۵ در این مورد اجباری است.

۱۸-۲-۷-۳ زمان واخنش

برای تعیین زمان واخنش بهینه در کتابخانه ها و سالن های سخنرانی، مقررات ویژه ای ارائه خواهد شد.

۱۷-۲-۷-۴ شاخص کاهش صدای وزن یافته موردنیاز برای جداکننده ها

حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) موردنیاز برای جداکننده های راهرو از فضای داخلی سالن سخنرانی ۴۰ دسی بل و برای کتابخانه ۳۰ دسی بل تعیین شده است. در ضمن برای تعیین افت صوتی بقیه جداکننده ها مقررات ویژه ای ارائه خواهد شد .

۱۸-۲-۸ حداکثر تراز صدای کوبه ای تراگسیل شده از سقف میان طبقات در ساختمانها

رعایت حداکثر تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) به مقدار ۵۰ دسی بل در ساختمانهای مذکور در بند ۱۸-۲ الزامی است. مقادیر تراز صدای کوبه ای معمول شده از طرف آزمایشگاههای آکوستیک ارائه می گردد که تعدادی از آنها در پیوست ۲ ارائه شده است.

پیوست ها :

شامل :

پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب

پیوست ۲- مقادیر صدابندی جداکننده ها در ساختمان

پیوست ۱- روش تعیین شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب

۱-۱ روش محاسبه

برای محاسبه شاخص کاهش صدای یک جداکننده مرکب از مقادیر شاخص کاهش صدای جداکننده های ساده تشکیل دهنده آن که از طرف آزمایشگاههای آکوستیک ارائه شده استفاده می گردد. ابتدا با داشتن شاخص کاهش صدای جداکننده ساده و با توجه به رابطه (پ۱-۱) که وابستگی متقابل بین ضریب تراگسیل و شاخص کاهش صدای هر جداکننده را مشخص می کند ضریب تراگسیل جداکننده ساده محاسبه می شود.

$$R = ۱۰ \cdot \text{Log} \frac{۱}{\tau} \quad \Rightarrow \quad \tau = ۱۰^{-(۰/۱)R} \qquad (پ۱-۱)$$

که در آن :

R = شاخص کاهش صدای جداکننده ، به دسی بل

τ = ضریب تراگسیل جداکننده

سپس با داشتن ضریب تراگسیل برای هر جداکننده ساده و با استفاده از رابطه (پ ۱-۲) ضریب تراگسیل جداکننده مرکب محاسبه می شود.

$$\tau = \frac{\tau_۱ S_۱ + \tau_۲ S_۲ + \ldots + \tau_n S_n}{S_۱ + S_۲ + \ldots + S_n} \qquad (پ\ ۱-۲)$$

که در آن :

τ = ضریب تراگسیل جداکننده مرکب

$S_۱$ ، $S_۲$ ، ... و S_n ، سطح هر یک از جداکننده های ساده تشکیل دهنده جداکننده مرکب ، به مترمربع.

با قرار دادن τ در رابطه (پ ۱-۳) شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب محاسبه میگردد.

$$R = ۱۰\text{Log}\frac{۱}{\tau} \qquad \text{(پ ۱-۳)}$$

که در آن :

τ = ضریب تراگسیل صدای جداکننده مرکب

R = شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب به دسی بل.

به عنوان مثال: جداکننده مرکبی به ابعاد ۴/۷ * ۱۰ متر ، شامل دیوار بیست و دو سانتی آجری و یک در به ابعاد ۲*۱ و پنجره ای به ابعاد ۱*۵ متر است. در صورتی که شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوار، در و پنجره به ترتیب ۵۰، ۱۵ و ۲۰ دسی بل باشد، شاخص کاهش صدای وزن یافته این جداکننده مرکب بصورت زیر محاسبه می شود :

حل :

$\tau_۱ = ۱۰^{-(۰/۱)\times ۲۰}$ پنجره مترمربع $S۱ = ۵ * ۱ = ۵$ پنجره

$\tau_۱ = ۱۰^{-(۰/۱)\times ۱۵}$ در مترمربع $S۲ = ۱ * ۲ = ۲$ در

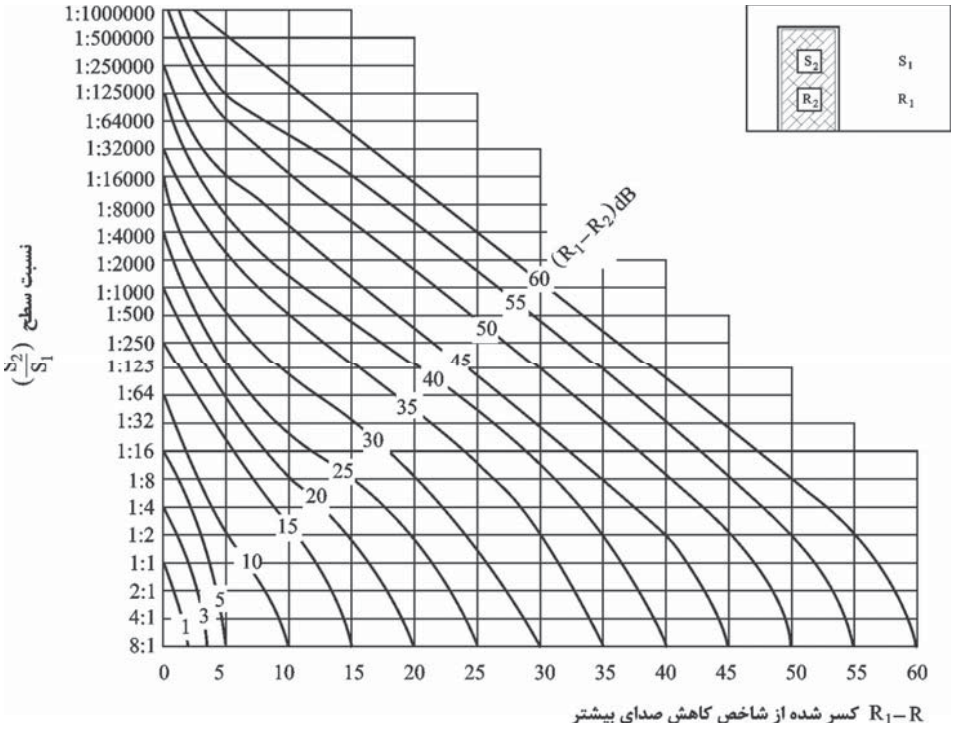
$\tau_۱ = ۱۰^{-(۰/۱)\times ۵۰}$ دیوار مترمربع $S = ۱۰ * ۴۷ - (۲+۵) = ۴۰$ جداکننده

$$\tau = \frac{۵\times ۱۰^{-(۰/۱)\times ۲۰} + ۲\times ۱۰^{-(۰/۱)\times ۱۵} + ۴\times ۱۰^{-(۰/۱)\times ۵۰}}{۴۷} = ۲/۴۲\times ۱۰^{-۳}$$

$$R = ۱۰\text{Log}\frac{۱}{۲/۴۲\times ۱۰^{-۳}} = ۲۶\text{dB}$$

۱-۲ روش تخمینی با استفاده از نمودار

در مواردی که سرعت محاسبه از دقت آن اهمیت بیشتری دارد می توان مقدار شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب را با استفاده از نمودارهای شکل پ ۱-۱ تخمین زد. محدودیت این روش ، این است که از مجموعه ساختارهای یک جدار مرکب در هر مرحله دو ساختار در نظر گرفته شده و نتیجه بدست آمده با ساختار بعدی مورد بررسی قرار می گیرد.



R_1 شاخص کاهش صدای ساختاری که افت صوتی بیشتری دارد.

R_2 شاخص کاهش صدای ساختاری که افت صوتی کمتری دارد.

S_1 سطح جداری که افت صوتی بیشتری دارد.

S_2 سطح جداری که افت صوتی کمتری دارد.

R شاخص کاهش صدای جدار مرکب

شکل پ ۱-۱ نمودار تخمین شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب

به عنوان نمونه، جواب مثالی را که در بند ۱-۱ مطرح شده است می توان به دو روش تخمینی بدست آورد. بدین منظور ابتدا دیوار را به عنوان یک ساختار و پنجره را به عنوان ساختاری دیگر در نظر گرفته و به صورت زیر عمل می شود:

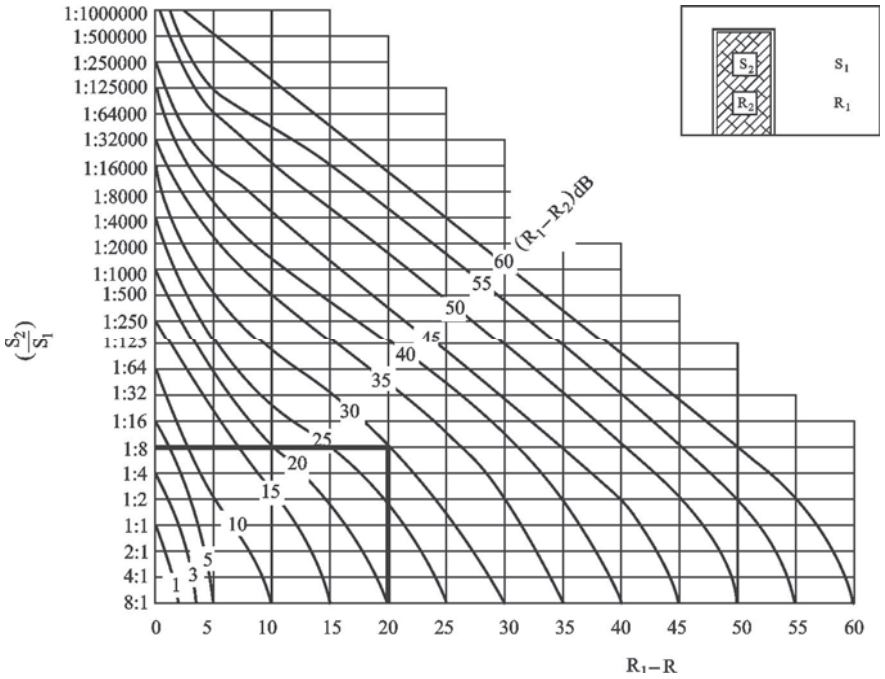
الف - اختلاف دو کاهش صدای دویار و پنجره را بدست آورده ($R_۱ - R_۲ = ۵۰ - ۲۰ = ۳۰$) و سپس منحنی ۳۰ از روی شکل مشخص می گردد.

ب - نسبت دو سطح تشکیل دهنده دیوار و پنجره را بدست آورده $(\frac{S_۱}{S_۲} = \frac{۵}{۴۰} = \frac{۱}{۸})$

و از نقطه مربوط به این نسبت در روی محور عمودی خطی به موازات محور افقی رسم کرده تا نمودار اختلاف ۳۰ دسی بل را قطع کند. سپس از محل تلاقی بدست آمده خطی عمود بر محور افقی رسم کرده تا محور «کسر شده از شاخص کاهش صدا» را قطع کند. در نتیجه، شاخص کاهش صدای مرکب R، به صورت زیر بدست می آید :

$$R_۱ - R = ۲۰ \quad \Rightarrow \quad ۵۰ - R = ۲۰ \quad \Rightarrow \quad R = ۵۰ - ۲۰ = ۳۰$$

مراحل فوق روی شکل پ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل پ۱-۲ نمودار تخمین شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب

سپس به همین روش ساختار مرکب دیوار و پنجره بعنوان یک ساختار با ساختار در به عنوان ساختاری دیگر در نظر گرفته می شود.

مترمربع $S = ۱۰ * ۴/۷ = ۴۷$ جداکننده

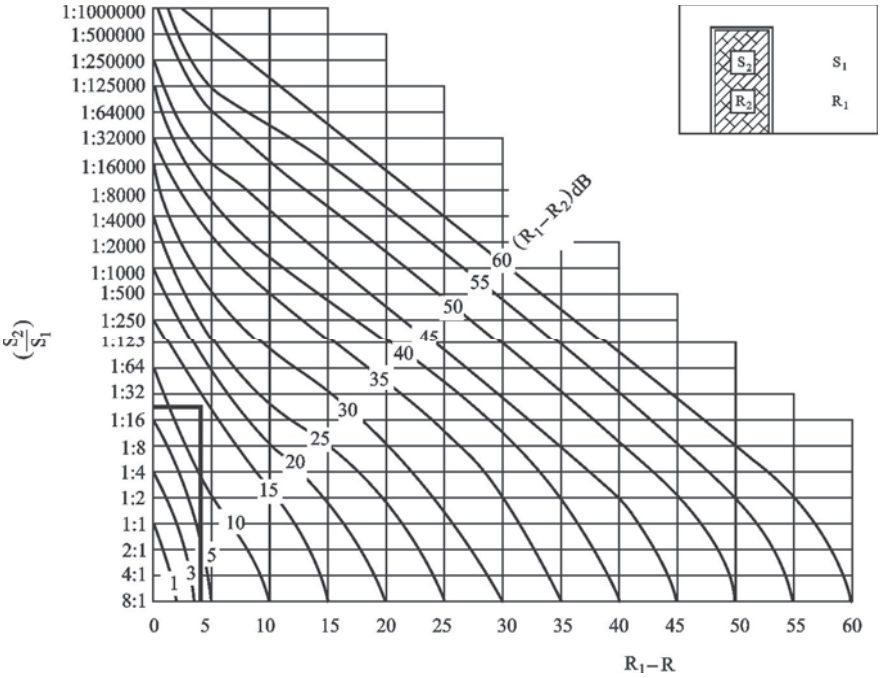
مترمربع $S_۲ = ۲ * ۱ = ۲$ در

مترمربع $S_۱ = ۴۷ - (۲) = ۴۵$ دیوار و پنجره

$$\frac{S_۲}{S_۱} = \frac{۲}{۴۵} = \frac{۱}{۲۲/۵}$$

$$R_۱ - R = ۴ \quad \Rightarrow \quad R = ۳۰ - ۴ = ۲۶ \qquad \text{و} \qquad R_۱ - R_۲ = ۳۰ - ۱۵ = ۱۵$$

مراحل فوق روی شکل پ ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل پ ۱-۳ نمودار تخمین شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب

در نتیجه مقدار جداکننده مرکب از روشتخمینی ۲۶ دسی بل و از روش محاسبه ۲۶ دسی بل بدست آمده است.

پیوست ۲ : مقادیر صدابندی جداکننده ها در ساختمان

جهت انتخاب صحیح جداکننده ها در یک ساختمان ضروری است که طراح مقادیر صدابندی جداکننده ها مانند دیوار، در و پنجره در مقابل صدای هوابرد (شاخص کاهش صدای وزن یافته RW)، سقف در مقابل صدای کوبه ای (تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (Lnw) را در اختیار داشته باشد. جداول ارائه شده در بندهای زیر می تواند طراح را در این جهت یاری دهند.

۲-۱ مقادیر صدابندی دیوارها

مقادیر شاخص کاش صدای وزن یافته تعدادی از دیوارهای یک جداره و دو جداره تهیه شده در آزمایشگاههای آکوستیک معتبر داخلی و خارجی به ترتیب در جدول پ ۲-۱ تا پ ۲-۴ ارائه شده است.

جدول پ ۲-۱ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای یک جداره

نوع دیوار	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل	نوع دیوار	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
دیوار آجری فشاری ۱۲ سانتیمتری دورو اندود	۲۰۵ ۲۴۰ ۲۷۵	۴۴ ۴۶ ۴۸	**دیوار آجر ماسه آهکی ۲۰ سانتیمتری دورو اندود**	**۳۴۵ ۴۰۰ ۴۵۵**	**۵۰ ۵۲ ۵۵**
دیوار آجری فشاری ۱۵سانتیمتری دورو اندود	۲۴۵ ۲۸۰ ۳۱۵	۴۷ ۴۹ ۵۱	**دیوار بتنی ۱۲ سانتیمتری**	**۲۶۵ ۲۸۰ ۲۹۵**	**۴۷ ۴۹ ۵۲**
دیوار آجری فشاری ۱۸ سانتیمتری دورو اندود	۲۹۰ ۳۲۵ ۳۶۰	۴۸ ۵۰ ۵۳	**دیوار بتنی ۱۵ سانتیمتری**	**۳۳۰ ۳۵۰ ۳۷۰**	**۵۰ ۵۲ ۵۴**
دیوار آجری فشاری ۲۵ سانتیمتری دورو اندود	**۳۵۰ ۳۶۵ ۴۲۰**	**۴۹ ۵۱ ۵۴**	**دیوار بتنی ۱۸ سانتیمتری**	**۴۴۰ ۴۶۵ ۴۹۰**	**۵۳ ۵۶ ۵۹**
دیوار آجرماسه آهکی ۱۲ سانتیمتری دورو اندود	**۲۵۰ ۲۸۵ ۳۲۰**	**۴۶ ۴۸ ۵۰**	**دیوار گچی: ۶ سانتیمتری ۸ سانتیمتری ۱۰ سانتیمتری**	**۶۲ ۸۳ ۱۰۶**	**۳۲ ۳۵ ۳۸**
دیوار آجرماسه آهکی ۱۲ سانتیمتری دورو اندود	**۳۰۵ ۳۴۰ ۳۷۵**	**۴۸ ۵۰ ۵۳**	**تخته نئوپان : ۱ سانتیمتری ۲ سانتیمتری ۳ سانتیمتری ۴ سانتیمتری**	**۵/۵ ۱۱ ۱۶/۵ ۳۲**	**۱۸ ۲۲ ۲۵ ۲۸**

جدول پ ۲-۲ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای دوجداره

نوع دیوار دو جداره	ضخامت دیوار به سانتیمتر	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
جدار اول از صفحات گچی ۶ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۵ سانتیمتری	**۱۳**	**۴۰**
جدار اول از صفحات گچی ۶ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۱/۵سانتیمتری	۹/۵	۴۷
جدار اول از صفحات گچی ۶ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۲/۵ سانتیمتری	۱۰/۵	۴۸
جدار اول از صفحات گچی ۸ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۴ سانتیمتری	۱۴	۵۰
جدار اول از صفحات گچی ۱۵ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ ۲ سانتیمتری جدار دوم از صفحات گچی ۱/۲ سانتیمتری	۱۸/۲	۵۲

جدول پ ۲-۳ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای یک جداره

نوع دیوار (دو طرف اندود شده)	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
دیوار آجری فشاری ۳۵ سانتیمتری	**۶۹۰**	**۶۰**
دیوار آجری فشاری ۱۴ سانتیمتری	**۲۴۸**	**۴۷**
دیوار آجری سفالی ۱۲ سانتیمتری	**۱۰۷**	**۴۲**
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۱۲ سانتیمتری	**۱۰۰**	**۴۲**
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۱۲ سانتیمتری	**۱۴۴**	**۴۵**
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۱۷ سانتیمتری	**۱۵۰**	**۴۵**
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۲۷ سانتیمتری	**۲۳۰**	**۵۱**
دیوار با بلوکهای بتن سبک توپر ۲۱ سانتیمتری	**۱۸۶**	**۴۶**
دیواربا بلوکهای گچی درزبندی شده ۱۰سانتیمتری	**۶۹**	**۴۷**

جدول پ ۲-۴ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته دیوارهای دو جداره

دیواره دو جداره گچی	ضخامت دیوار به سانتیمتر	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
جدار اول از صفحه گچی ۱ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتری جدار دوم از صفحه گچی ۱ سانتیمتری	۱۲	۵۱
جدار اول از صفحه گچی روکش دار۱/۲ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتری جدار دوم از صفحه گچی روکش دار ۱/۲ سانتیمتری	۱۰	۴۸
جدار اول از صفحه گچی روکش دار۲/۴ سانتیمتری لایه وسط از پشم سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتری جدار دوم از صفحه گچی روکش دار۲/۴ سانتیمتری	۱۲/۵	۵۲

۲ـ۲ درها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از درها که در جدول پ ۲-۵ ارائه شده ا ست ردیف ۱ تا ۶ در آزمایشگاههای آکوستیک معتبر داخلی و خارجی آزمایش شده است.

جدول پ ۲-۵ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی درها

نوع در	چگالی سطحی به کیلوگرم بر مترمربع	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
۱- در یک لایه برای اتاق ساختمان (ساده) :		
با چارچوب ساده بدون درزبندی به ضخامت ۲ سانتیمتر	۱۰-۵	۲۵-۱۵
۲- در دو لایه برای آپارتمان (نیمه سنگین) :		
با چارچوب ساده با درزبندی به ضخامت ۶-۲ سانتیمتر	۲۵-۱۰	۳۵-۲۵
۳- در دو لایه صدابند (سنگین) :		
با درزبندی در چارچوب و آستانه به ضخامت ۴/۸ سانتیمتر	۵۰-۲۵	۴۵-۳۵
۴- در دوتایی سبک :		
شامل دو در سبک همانند ردیف (۱)		
فاصله میان دو در ۱۵-۳۰ سانتیمتر	ـــــ	۴۰-۳۰
۵- در دوتایی سنگین :		
شامل دو در سنگین همانند ردیف (۲)		
فاصله میان دو در ۱۵-۳۰ سانتیمتر	ـــــ	۵۰-۴۰
۶- در دوتایی مخصوص : (کاملا" صدابند)		
شامل دو در ساده سنگین (همانند بند ۳)		
فاصله میان دو در بیش از ۲۵-۵۰ سانتیمتر	ـــــ	۶۰-۴۰
۷- در چوبی به ضخامت ۴ سانتیمتر از دو لایه فیبر یا تخته سه لایی به ضخامت ۳ میلیمتر و شبکه در وسط :		
بدون آستانه و درزبندی نشده	۱۳/۵	۱۴
با آستانه و درزبندی نشده	۱۳/۵	۱۷
با آستانه و درزبندی شده	۱۳/۵	۲۰

۲-۳ پنجره ها

مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته تعدادی از پنجره ها در جدول پ ۲-۶ ارائه شده است.

جدول پ ۲-۶ مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته برای تعدادی از پنجره ها

نوع پنجره	شاخص کاهش صدای وزن یافته برای پنجره
۱- پنجره ساده :	
- با یک لایه شیشه ۲ میلیمتری، چارچوب چوبی ساده بدون درزبندی	۱۰
- با یک لایه شیشه ۸ میلیمتری، چارچوب چوبی ساده بدون درزبندی	۲۰
۲- پنجره با شیشه دوبل :	
- با دو لایه شیشه ۴ میلیمتری با فاصله ۸ میلیمتر از یکدیگر	
- با دو لایه ۴ و ۸ میلمیتری با فاصله ۵ سانتیمتر از یکدیگر	۲۸
۳- پنجره دوتایی :	۳۹
- متشکل از دو قاب پنجره ساده جداگانه به فاصله حداقل ۱۵ سانتیمتر ، یک	
- پنجره با شیشه ۴ میلیمتری و پنجره دیگر با شیشه ۸ میلیمتری با درزبندی کامل	۴۵
۴- پنجره معمولی :	
- ساخته شده از پروفیلهای آهنی بازشو با شیشه ۴ میلیتمری بدون درزبندی	
- مانند بالا با درزبندی قاب لاستیکی	۱۶
۵- پنجره دو جداره :	۲۱
- ساخته شده از پروفیلهای وژه، بازشوی آلومینیومی با دو لایه شیشه	
- ۴ میلیمتری به فاصله یک سانتیمتر از یکدیگر با درزبندی	۲۴

۲-۴ سقف ها

تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته (L_{nw}) دو نوع سقف با پوشش های مختلف کف که در آزمایشگاه آکوستیک مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن آزمایش شده در جدول پ ۲-۷ ارائه شده است.

جدول پ ۲-۷ مقادیر تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته برای سقف ها

نوع سقف	تراز صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته برای سقف به دسی بل
سقف از تیرچه های آهنی و طاق ضربی آجری فرش شده با پوشش :	
- موزائیک	۶۸
- موزائیک بعلاوه موکت کات به ضخامت ۸ میلیمتر	۴۷
- موزائیک بعلاوه موکت لوپ به ضخامت ۹ میلیمتر	۴۹
- موزائیک بعلاوه موکت کبریتی به ضخامت ۴ میلیمتر	۵۵
- موزائیک بعلاوه فرش دستباف به ضخامت ۱۰ میلیمتر	۳۶
سقف بتنی با ساختار تیرچه بلوک :	
- بدون پوشش	۸۸
فرش شده با پوشش :	
- موزائیک	۸۳
-کف شناور متشکل از پشم سنگ ۵ سانتیمتری و روکش بتنی ۵ سانتیمتر	۴۶
-کف شناور ردیف بالا بعلاوه سقف کاذب گچی در زیر آن متشکل از لایه‌های پیش ساخته گچی به ضخامت ۱ سانتیمتر و به فاصله ۳۰ سانتیمتر از سقف	۳۶
- موکت نمدی	۶۹
موکت کبریتی	۶۰
- موکت کات به ضخامت ۹ میلیمتر	۵۱
- موکت گلزار به ضخامت ۹ میلیمتر	۴۶

واژه‌نامه

۱- نوفه	۱- Noise
۲- امواج صوتی هوابرد	۲- Air- borne Sound Waves
۳- نوفه زمینه	۳- Backrtound Noise
۴- تراگسیل	۴- Transmission
۵- تراگسیل هوابرد	۵- Air-borne Transmission
۶- تراگسیل پیکری	۶- Structure-borne Transmission
۷- بسامد	۷- Frequency
۸- دسی بل	۸- deciblee
۹- تراز صدا	۹- Sound Level
۱۰- تراز فشار صدای وزن یافته A	۱۰- A-Weighted Sound Pressurelevel
۱۱- تراز معادل صدای وزن یافته A	۱۱- Equivalent Continuous A-Weighted Sound Pressure Level
۱۲- نمودارهای برسنج ترجیحی‌نوفه	۱۲- Perferred Noise Criterion Curves
۱۳- شاخص کاهش صدا	۱۳- Sound Reduction Index
۱۴- افت تراگسیل	۱۴- Transmision Loss
۱۵- زمان واخنش	۱۵- Reverberation Time
۱۶- شاخص کاهش صدای وزن‌یافته	۱۶- Weighted Sound Reduction Index
۱۷- گروه یا درجه تراگسیل	۱۷- Sound Transmission Class
۱۸- تراز فشار صدای کوبه ای	۱۸- Impact Sound Pressure Level
۱۹- تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده	۱۹- Normalized Impact Sound Pressure Level
۲۰- تراز فشار صدای کوبه ای معمول شده وزن یافته	۲۰- Weighted Normalized Impact Sound Pressure Level